

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И ОСУШКИ ВОЗДУХА ПРИ ОЗОНИРОВАНИИ ВОДЫ

*Тихонов А.Н., Морозов А.П.
Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова*

Актуальной проблемой является обеспечение населения качественной питьевой водой. Озонирование рассматривается [1,2] как наиболее эффективный способ обеззараживания воды. В технологической схеме получение озона из воздуха важного значения имеет [3] система подготовки озонобразующего газа. Анализ показал [4], что для эффективного получения озона необходимо снижать температуру и влажность воздуха в разрядном промежутке озонатора. В традиционных схемах для охлаждения компримированного воздуха используются [5] поверхностные теплообменники, а для его осушки – адсорбционные или холодильные установки. Недостатками существующих схем подготовки воздуха является значительный расход охлаждающей воды и повышенные массогабаритные показатели.

На кафедре «Теплотехнических и энергетических систем» МГТУ разработаны предложения [4] по использованию вихревых труб в озонаторных установках. Вихревой эффект (эффект Ранка-Хилша) заключается [6,7] в снижении температуры приосевых слоев закрученного высокоскоростного потока газа за счет передачи тепла периферийным слоям. Разработана конструкция вихревой трубы, представленной на рис. 1.

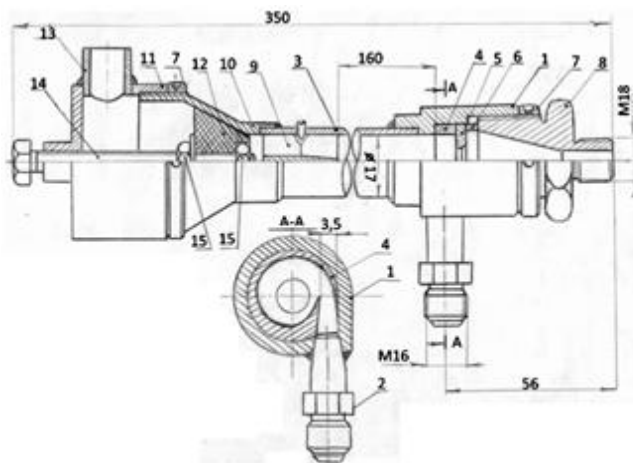


Рис. 1

Труба состоит из корпуса 1, в кольцевой полости которого пропилен тангенциальный прямоугольный канал шириной b и высотой h . С внешней стороны канала к корпусу припаян штуцер 2 для подвода сжатого воздуха. В кольцевой полости корпуса запаивается трубка 3 с цилиндрической полированной внутренней поверхностью. С другой стороны, корпуса устанавливается улитка 4, так, что ее пропил совпадает с каналом и образует сопловой вход. Внутренняя поверхность улитки строится по спирали Архимеда с минимальным радиусом, равным внутреннему радиусу трубы 3, и тщательно полируется. В эту же

полость корпуса устанавливается диафрагма 5 с центральным круглым отверстием $D_d = 9$ мм и герметизирующая прокладка 6, поджимаемая гайками 7 и 8. В противоположном конце трубки 3 на расстоянии $L = 160$ мм плотно устанавливается четырехлопастная крестовина 9, закрепляемая винтом, и дроссель. Дроссель состоит из диффузора 10, припаянного к трубке 3, стакана 11, закрепленного на диффузоре установочной гайкой 7. Конусообразный дроссель 12 укрепляется на конце болта 14, с помощью гайки 15. К стакану припаивается трубка 13, для отвода горячего потока. Во избежание перетекания сжатого газа боковые поверхности улитки 4, корпуса 1, диафрагмы 5 плотно подгоняются.

Вихревая труба работает следующим образом. Сжатый воздух, расширяясь в сопле, разгоняется, как правило, до скорости звука и интенсивно закручивается. При этом в рабочем объеме трубы формируется высокоскоростной вихревой поток, в котором за счет градиента давления, а также интенсивной турбулизации, и возникает эффект температурного разделения. Приосевые охлажденные слои закрученного газа отводятся через отверстие в диафрагме (холодный поток), а в противоположном направлении в виде горячего потока отводится периферийная (подогретая) часть вихря.

Интенсивная закрутка газа позволяет не только генерировать холод, но за счет мощных центробежных сил дает также возможность эффективно отделять образующуюся в трубе за счет низкой статической (скоростной) температуры капельную жидкость, обеспечивая тем самым дополнительный технологический эффект очистки и осушки газа.

На рис. 2 представлены экспериментальные характеристики вихревой трубы в виде зависимости снижения температуры воздуха $\Delta t_x = t_c - t_x$ от его удельного расхода $\mu = G_x / G_c$; где t_c , t_x и G_c , G_x – соответственно температуры и расходы воздуха на входе в трубу и на холодном патрубке (при температуре входного воздуха $t_x = 16$ °С, давлении холодного потока $P_x = 0,1$ МПа и $G_c = 11,4 - 17,2$ г/с).

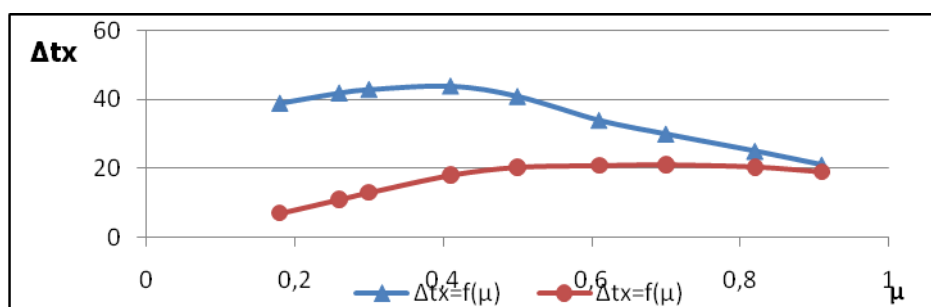


Рис. 2

Анализ полученных данных [8] для двух значений давления воздуха перед трубой P_c (МПа): ● - 0,4; Δ - 0,5, показывает, что вихревая труба позволяет снижать температуру холодного потока до -30 °С при $P_c = 0,5$ МПа. Для создания максимальной холоднопроизводительности доля холодного потока должна находиться в пределах $0,6 \leq \mu \leq 0,9$. С учётом предварительного отделение влаги после компрессора возможно получение осушенного воздуха до точки росы - 60 °С и ниже, что обеспечивает эффективную работу озонатора.

На основе проведенных исследований предложена технологическая схема получения и использования озона с применением вихревой трубы, представленная на рис. 3.

Рис. 3

Таким образом, в работе обоснована эффективность применения вихревой трубы для охлаждения и осушки воздуха при озонировании воды. На лабораторной установке для озонирования воды достигнута концентрация озона в озono-воздушной смеси 40 г/м^3 , при удельном расходе электроэнергии $11,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг}$. Дополнительный энергосберегающий эффект получен при утилизации тепла горячего потока с вихревой трубы на нагрев озонированной воды в теплообменнике 22 (рис. 3) в системах горячего водоснабжения.

1. Кожин В.Ф. Озонирование воды. М.: Стройиздат, 1973. 100 с.
2. Орлов В.А. Озонирование воды. М.: Стройиздат, 1984. 110 с.
3. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Самойлович В.Г. Озонирование в процессах очистки воды / Под ред. В.Л.Драгинского. М.: ДеЛи принт, 2007. 400 с.
4. Морозов А.П., Коптев А.П., Семкин И.Г. Энергетика и защита окружающей среды. Свойства и применение озона: Учебное пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2002. 175 с.
5. Трубицына Г.Н., Морозов А.П. Энергосбережение при производстве и осушке сжатого воздуха. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 58 с.
6. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1969. 183 с.
7. Мартонов А.В., Бродянский В.М. Что такое вихревая труба? М.: Энергия, 1976. 152 с.
8. Тихонов А.Н., Морозов А.П. Исследование характеристик воздушной вихревой трубы / Энергетики и металлургии настоящему и будущему России: Материалы 11-й Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. С. 91-95.